

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G07C	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/49655
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 5. November 1998 (05.11.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/01182		(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
(22) Internationales Anmeldedatum: 24. April 1998 (24.04.98)		
(30) Prioritätsdaten: 197 18 916.4 25. April 1997 (25.04.97) DE		
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): WHD ELEKTRONISCHE PRÜFTECHNIK GMBH [DE/DE]; In- dustriestrasse 19, D-01129 Dresden (DE).		
(72) Erfinder; und		Veröffentlicht
(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): PUTTKAMMER, Frank [DE/DE]; Kastanienstrasse 19, D-01640 Coswig (DE).		<i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(74) Anwalt: HEITSCH, Wolfgang; Göhlsdorfer Strasse 25g, D-14778 Jeserig (DE).		

(54) Title: APPLICATION AND METHOD FOR CHECKING DOCUMENTS WITH EFFECTIVE OPTICAL DIFFRACTION SECURITY LAYER

(54) Bezeichnung: ANWENDUNG UND VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON DOKUMENTEN MIT BEUGUNGSOPTISCH WIRKSAMEN SICHERHEITSSCHICHTEN

(57) Abstract

The invention relates to an application and a method for checking documents. Hitherto, documents with optical diffraction security layers, specially holograms, were checked by costly optical monitoring technology. The entire monitoring process was so time-consuming that the monitoring process could not be applied to fast operating processing machines. Rapid monitoring (as an authentication characteristic) constitutes a further security step in evaluating effective optical diffraction security layers. The effective optical diffraction layer has a discontinuous metallizing layer and/or partially metal layers and/or areas of metal layers on various planes. Several methods of measurement exist to detect electrical conductivity. In practice, the contactless capacitive method of measurement has proven to be more practical.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anwendung und ein Verfahren zur Prüfung von Dokumenten. Bisher werden Dokumente mit beugungsoptischen Sicherheitsschichten, insbesondere Hologrammen, mit aufwendiger optischer Prüftechnik kontrolliert. Der gesamte Prüfprozeß dauert dabei so lange, daß diese Prüfverfahren in schnelllaufenden Bearbeitungsmaschinen keine Anwendung finden. Eine schnelle Prüfbarkeit stellt eine weitere Sicherheitsstufe beim Bewerten der beugungsoptisch wirksamen Schichten als Echtheitsmerkmal dar. Die beugungsoptisch wirksame Schicht weist eine diskontinuierliche Metallisierungsschicht und/oder partiell metallische Schichten und/oder Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen auf. Es sind verschiedene Meßverfahren bekannt, welche eine elektrische Leitfähigkeit nachweisen. In der Praxis hat sich das kontaktlose, kapazitive Meßverfahren als praktikabel erwiesen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Republik Korea	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	Kasachstan	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	St. Lucia	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Liechtenstein	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Sri Lanka	SG	Singapur		
EE	Estland		Liberia				

Anwendung und Verfahren zur Prüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anwendung und ein Verfahren zur Prüfung von Dokumenten.

Bisher werden Dokumente mit beugungsoptischen Sicherheitsschichten, insbesondere 10 Hologrammen, mit aufwendiger optischer Prüftechnik kontrolliert. Dabei muß das Prüfobjekt sehr genau positioniert werden. Der gesamte Prüfprozeß dauert dabei so lange, daß diese Prüfverfahren in schnellaufenden Bearbeitungsmaschinen keine Anwendung finden. Ein Test beispielsweise von Banknoten mit Hologrammmerkmal ist innerhalb einer 15 Banknotenzählmaschine nicht möglich, da diese mit Geschwindigkeiten zwischen 500 und 1500 Banknoten pro Minute und darüber hinaus arbeitet. Die DE 27 47 156 beschreibt ein Verfahren und ein Prüfgerät zur Echtheitsprüfung holographisch abgesicherter Identitätskarten. Das Hologramm wird reproduziert und eine Sichtkontrolle durchgeführt. Für eine schnelle, effiziente, personenunabhängige Prüfung ist dieses Verfahren nicht geeignet. In der EP 0 042 946 wird eine Vorrichtung zur Erzeugung von Abtastmustern beschrieben, die 20 mittels Laser, Spiegel- und Linsensystem sowie einem Photodetektor geprüft werden. Der ökonomische Aufwand ist auch in diesem Fall sehr hoch. Er würde noch weiter steigen, wenn das Prüfgut unsortiert kontrolliert werden soll. Um eine Vorsortierung zu vermeiden, wäre eine mehrfache Anordnung des Echtheitsprüfsystems notwendig.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und eine Anwendung und ein Verfahren zur Prüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten, insbesondere Hologrammen, vorzuschlagen, die schnell, personenunabhängig und mit geringem Aufwand zu realisieren sind. Das Verfahren soll
5 sowohl in Dokumentenprüfeinrichtungen und Geldbearbeitungsmaschinen, als auch in Handprüfgeräten zur Prüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten Anwendung finden.

Diese Aufgabenstellung wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gegebenen
10 Merkmale gelöst.

Der Einsatz von Hologrammen und anderen beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten zur Sicherung von Urkunden und anderen Wertpapieren sowie Banknoten gegen Fälschungen ist gegenwärtig immer häufiger anzutreffen. Eine schnelle Prüfbarkeit stellt eine weitere
15 Sicherheitsstufe beim Bewerten der beugungsoptisch wirksamen Schichten als Echtheitsmerkmal dar. Beugungsoptisch wirksame Schichten bestehen unter anderem aus einer metallisierten Schicht. Diese Metallisierungsschicht ist elektrisch leitend. Entsprechend der Schichtdicke ändert sich die elektrische Leitfähigkeit. Die beugungsoptisch wirksame Schicht weist eine diskontinuierliche Metallisierungsschicht und/oder partiell metallische
20 Schichten und/oder Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen auf. Es sind verschiedene Meßverfahren bekannt, welche eine elektrische Leitfähigkeit nachweisen. In der Praxis hat sich das kontaktlose, kapazitive Meßverfahren als praktikabel erwiesen. Bei diesem Verfahren zur Prüfung von Sicherheitsdokumenten wird die kapazitive Kopplung zwischen Sender und Empfänger und Übertragung von Energie zwischen Sender und Empfänger durch

Überbrückung eines elektromagnetischen Feldes durch elektrisch leitende Sicherheitsmaterialien ausgenutzt. Eine nachfolgende Auswerteelektronik vergleicht das Signalbild des Prüflings mit entsprechenden Referenzsignalen. Der Vergleich liefert ein klassifizierendes Signal zur Weiterverarbeitung. Dementsprechend könnte beispielsweise ein als Falsifikat erkanntes Dokument aussortiert werden, indem die Prüfeinrichtung gestoppt wird. Das Signalbild ist abhängig von der Struktur der metallisierten Schicht der beugungsoptisch wirksamen Schicht. Weisen die beugungsoptisch wirksamen Schichten eine diskontinuierliche Metallisierungsschicht auf, so besitzen mehrere Segmente der Metallisierungsschicht unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten. Die Praxis hat gezeigt, daß diese unterschiedlichen Leitfähigkeiten sich auf das Signalbild auswirken.

Eine weitere Erhöhung der Prüfsicherheit ergibt sich aus der Kombination der Prüfung der elektrischen Leitfähigkeit mit weiteren Echtheitsmerkmalen der beugungsoptisch wirksamen Schicht. Durch Einbringen von zusätzlichen Echtheitsmerkmalen in demetallisierte Segmente innerhalb von diskontinuierlichen Metallisierungsschichten und/oder partiell metallischen Schichten und/oder zwischen Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen lassen sich gleichzeitig diese Merkmale sowie die elektrische Leitfähigkeit prüfen. Mittels der Auswerteelektronik wird ein Echtheitssignal eines weiteren Sensors zur Echtheitsbestimmung logisch mit dem Sensor zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit verknüpft. Am Ausgang der Auswerteelektronik liegt ein die beugungsoptisch wirksame Schicht klassifizierendes Signal zur weiteren Verarbeitung an. Dieses zusätzliche Echtheitsmerkmal besitzt fluoreszierende, phosphoreszierende oder Licht absorbierende Eigenschaften oder unterscheidet sich durch unterschiedliche magnetische Eigenschaften von dessen Umgebung. Dementsprechend findet ein optischer oder magnetischer Sensor Anwendung. Zur Verminderung von Detektions- und Meßfehlern wird vorzugsweise ein Sensorträger

verwendet. Dieser Sensorträger nimmt alle Sensoren zur Detektion von Echtheitsmerkmalen auf. Die Abstände zwischen den Sensoren werden so minimiert und die Sensoren immer in definierter Lage angeordnet. Um Störeinflüsse zu vermeiden, wird der Sensorträger kompakt mit einer Platine verbunden, welche die Auswerteelektronik trägt. Die gesamte
5 Prüfeinrichtung befindet sich innerhalb von Bearbeitungsmaschinen, so daß keine zusätzlichen Aufwendungen zum Transport der Prüfobjekte notwendig sind.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu
10 mehreren in Form von Unterkombinationen vorteilhafte, schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden Ausführungsbeispiel näher erläutert.

In den Zeichnungen zeigen:

15

- Fig. 1 schematischer Schnitt durch eine Bearbeitungsmaschine mit Prüfvorrichtung,
- Fig. 2a schematischer Schnitt durch ein Hologramm mit demetallisierten Segmenten
- 20 Fig. 2b Spannungs-Zeit-Diagramm des Auswertesignals
- Fig. 3a schematischer Schnitt durch ein Hologramm mit diskontinuierlicher Metallisierungsschicht
- Fig. 3b Spannungs-Zeit-Diagramm des Auswertesignals
- Fig. 4a schematischer Schnitt durch ein Hologramm mit UV-Echtheitsmerkmal

Fig. 4b Spannungs-Zeit-Diagramm des Auswertesignals der elektrischen Leitfähigkeitsprüfung

Fig. 4c Spannungs-Zeit-Diagramm des Auswertesignals des UV-Sensors

5 Das erfindungsgemäße Prüfverfahren sieht vor, daß in Banknotenzählmaschinen an geeigneten Positionen die entsprechenden Sensoren installiert werden. Die Sensoren zur Detektierung der elektrischen Leitfähigkeit sind derart ausgebildet, daß die gesamte Banknotenwegbreite überwacht wird, so daß der Sensor die Banknoten lageneutral prüfen kann. Optische oder mechanische Sensoren erfassen die Anwesenheit einer Banknote und
10 liefern ein Referenzsignal für die Zeitsteuerung der Prüfvorrichtung 4. Gleichfalls werden dadurch die Sensoren zur Echtheitsprüfung des Hologramms aktiviert. Durch Aufzeichnung des gesamten Zeitfensters vom Beginn der Banknote bis zu ihrem Ende ist die Position des Hologramms auf der Banknote feststellbar.

In Fig. 1 wird dargestellt, wie die Prüfvorrichtung 4 im Transportweg der Banknote
15 angeordnet ist. Die Banknotenzählmaschine beinhaltet ein Einzugsrad 1, Transporträder 2, eine Banknoten-leiteinrichtung 3 und eine Prüfvorrichtung 4.

Fig. 2a zeigt einen schematischen Schnitt durch ein Hologramm mit einer Trägerschicht 11 und einer partiell metallischen Schicht 12. Die partiell metallische Schicht 12 beinhaltet
20 mehrere demetallisierte Segmente 13. In Fig. 2b ist das zugehörige Auswertesignal in einem Spannungs-Zeit-Diagramm dargestellt.

Fig. 3a zeigt einen schematischen Schnitt durch ein Hologramm mit einer Trägerschicht 11 und einer diskontinuierlichen Metallisierungsschicht 14. Die diskontinuierliche

Metallisierungsschicht 14 beinhaltet Segmente 15, 16, 17, 18, 19 mit unterschiedlicher elektrischer Leitfähigkeit. In Fig. 3b ist das zugehörige Auswertesignal in einem Spannungs-Zeit-Diagramm dargestellt.

5 Fig. 4a zeigt einen schematischen Schnitt durch ein Hologramm mit einer Trägerschicht 11 und einer diskontinuierlichen Metallisierungsschicht 20. Die diskontinuierliche Metallisierungsschicht 20 beinhaltet demetallisierte Segmente 21 sowie zusätzliche Echtheitsprüfmerkmale. Bei diesen Echtheitsmerkmalen handelt es sich um fluoreszierende Farben 22, die bei der Prüfung mittels UV-Licht angeregt und mittels Photosensoren 10 detektiert werden. Vorzugsweise befinden sich die zusätzlichen Echtheitsprüfmerkmale innerhalb der demetallisierten Segmente 21. In Fig. 4b ist das zugehörige Auswertesignal des kapazitiv arbeitenden, die elektrische Leitfähigkeit prüfenden Sensors in einem Spannungs-Zeit-Diagramm dargestellt. Fig. 4c zeigt in einem Spannungs-Zeitdiagramm den Verlauf des Auswertesignals des Photosensors.

15

In der vorliegenden Erfindung wurde anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels die Prüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist, da im Rahmen der Patentansprüche Änderungen 20 und Abwandlungen beansprucht werden.

Patentansprüche:

1. Anwendung des Verfahrens zur Prüfung von Dokumenten unter Nutzung der kapazitiven Kopplung zwischen Sender und Empfänger und Übertragung von Energie zwischen Sender und Empfänger durch elektrisch leitende Sicherheitsmaterialien, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Echtheitsprüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten mit diskontinuierlicher Metallisierungsschicht (14) oder partiell metallischen Schichten (12, 20) oder Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen die elektrische Leitfähigkeit bestimmt und ausgewertet wird.
2. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Echtheitsprüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten mit diskontinuierlicher Metallisierungsschicht (14) und partiell metallischen Schichten (12, 20) die elektrische Leitfähigkeit bestimmt und ausgewertet wird.
3. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Echtheitsprüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten mit diskontinuierlicher Metallisierungsschicht (14) und Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen die elektrische Leitfähigkeit bestimmt und ausgewertet wird.

4. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Echtheitsprüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten mit partiell metallischen Schichten (12, 20) und Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen die elektrische Leitfähigkeit bestimmt und ausgewertet wird.

5

5. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Echtheitsprüfung von Dokumenten mit beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten mit diskontinuierlicher Metallisierungsschicht (14) und partiell metallischen Schichten (12, 20) und Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen die elektrische Leitfähigkeit
10 bestimmt und ausgewertet wird.

6. Anwendung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** die Prüfung von zusätzlich einbringbaren Echtheitsmerkmalen innerhalb demetallisierter Segmente innerhalb von diskontinuierlichen
15 Metallisierungsschichten (14) und/oder partiell metallischen Schichten (12, 20) und/oder zwischen Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen.

7. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** die Prüfung der fluoreszierenden Eigenschaften des zusätzlich einbringbaren Echtheitsmerkmals.

20

8. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** die Prüfung der phosphoreszierenden Eigenschaften des zusätzlich einbringbaren Echtheitsmerkmals.

9. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch die Prüfung der Licht absorbierenden Eigenschaften des zusätzlich einbringbaren Echtheitsmerkmals.

10. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch die Prüfung sich von der Umgebung unterscheidender magnetischer Eigenschaften des zusätzlich einbringbaren Echtheitsmerkmals.

11. Anwendung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beugungsoptisch wirksame Sicherheitsschicht 10 ein Hologramm ist.

12. Anwendung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Prüfung von Hologrammen in schnellaufenden Bearbeitungsmaschinen mit einer Geschwindigkeit bis 2000 Dokumente je Minute.

15

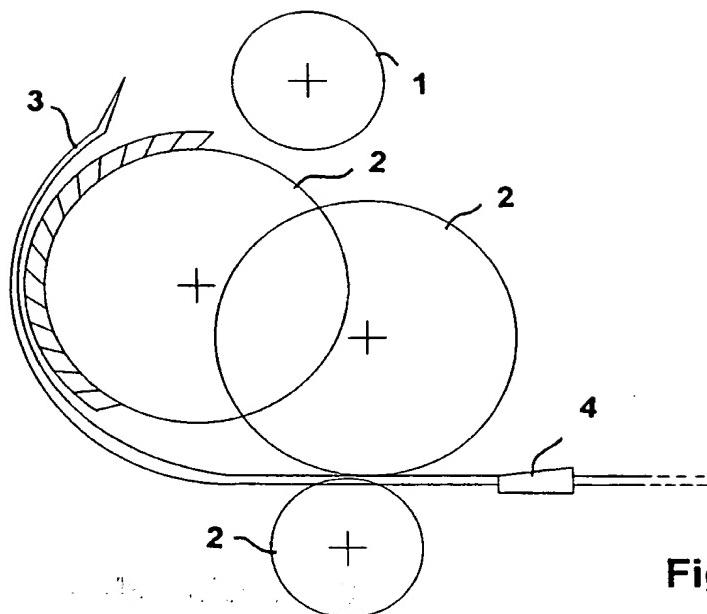
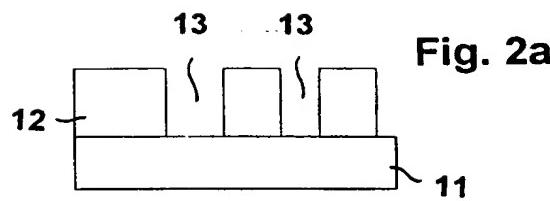
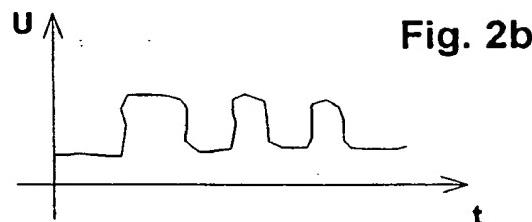
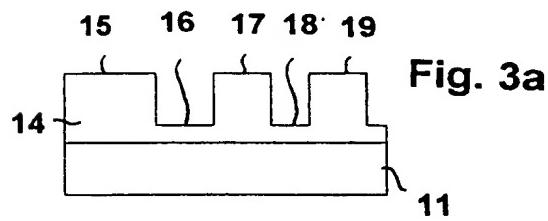
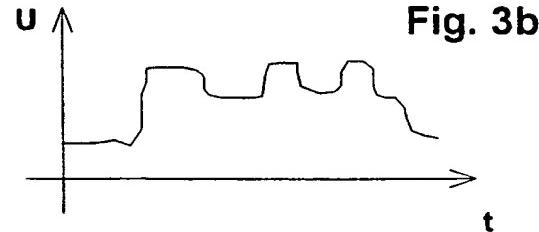
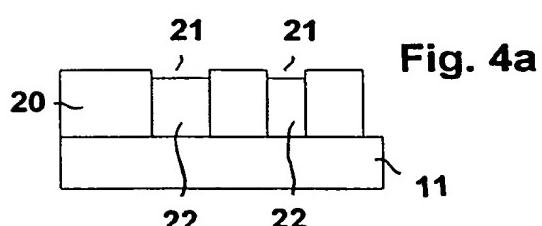
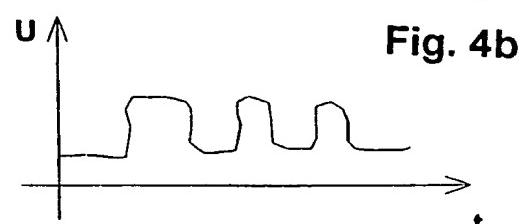
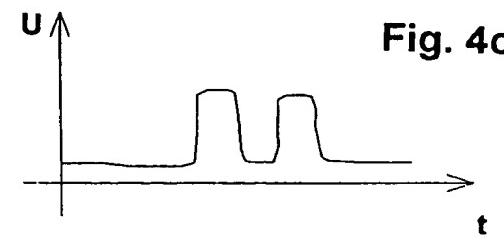
13. Anwendung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Prüfung von Hologrammen in Handgeräten.

14. Verfahren zur Prüfung von Dokumenten unter Nutzung der kapazitiven Kopplung zwischen Sender und Empfänger und Übertragung von Energie zwischen Sender und Empfänger durch elektrisch leitende Sicherheitsmaterialien, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zu prüfendes Dokument mit beugungsoptisch wirksamer Sicherheitsschicht mit 5 diskontinuierlicher Metallisierungsschicht (14) und/oder partiell metallischen Schichten (12, 20) und/oder Zonen metallischer Schichten in unterschiedlichen Ebenen an einer Sensorelektronik mit definierter Geschwindigkeit vorbeigeführt wird, Energie kapazitiv von einer oder mehreren Sendeelektroden über Metallisierungsschichten zu einer oder mehreren Empfangselektroden übertragen wird und die an der oder den Empfangselektroden 10 anliegenden Signale mittels einer Auswerteelektronik verstärkt, mit einem Referenzsignal verglichen werden und am Ausgang der Auswerteelektronik ein das Dokument klassifizierendes Signal zur weiteren Verarbeitung anlegt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Dokument mit 15 beugungsoptisch wirksamen Sicherheitsschichten in mindestens zwei unterschiedlichen Prüfrichtungen geprüft wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels der Auswerteelektronik das klassifizierende Signal mit einem Echtheitssignal eines zusätzlich 20 einbringbaren Echtheitsmerkmals nach dessen Prüfung mittels eines weiteren Sensors logisch verknüpft wird und am Ausgang der Auswerteelektronik ein das Dokument klassifizierendes Verknüpfungssignal zur weiteren Verarbeitung anlegt.

1/1

**Fig. 1****Fig. 2a****Fig. 2b****Fig. 3a****Fig. 3b****Fig. 4a****Fig. 4b****Fig. 4c**

THIS PAGE BLANK (USPRO)